

財団法人テレコムエンジニアリングセンター

公益的調査研究助成

## 成果報告書

調査研究テーマ

# マイクロ波リモートセンシングによる湿地帯水域観測のための偏波散乱測定に関する調査研究

助成期間

平成 20年 4月 ~ 平成 23年 3月

提出期日

平成 23年 4月

研究代表者氏名

佐藤 亮一

所属機関・職名

新潟大学・准教授

# 1. 調査研究の概要

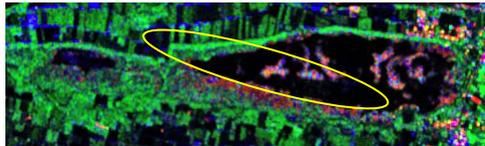
調査研究テーマ	マイクロ波リモートセンシングによる湿地帯水域観測のための偏波散乱測定に関する調査研究		
助成期間	平成 20年 4月 ~ 平成 23年 3月		
報告者 (助成対象者)	佐藤 亮一	印	
勤務先	機関名	新潟大学	
	住所	新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050	
	TEL		
	E-mail		
助成金額			
本報告書作成日	平成 23年 4月 30日		

## 調査研究概要

水環境保全の分野では、湿地帯周辺の水域の季節変化をモニタリングすることが重要視されている。湿地帯では葦等の抽水植物が多く分布しているため、真の湿地帯水域を観測するためには、上空からは観測しにくい抽水植物帯の下部まで詳細に調べなければならず、現地調査が困難な場合が多い。そのため、植物を透過する特徴をもつマイクロ波を利用し、上空から抽水植物下まで広範囲で観測できるマイクロ波リモートセンシングが注目されている。

本研究では、抽水植物帯と水域との境界近傍からの散乱波を測定できる簡易システムを作成し、測定されるデータの特徴を考慮した新たな水域推定アルゴリズムを構築し、マイクロ波リモートセンシングの水域観測精度の向上に役立てる。

測定される散乱行列データに偏波解析を行い、抽水植物下に水域が広がっている場合に多く観測される2回反射散乱を抽出しやすくするパラメータを決定する。航空機搭載の偏波合成開口レーダ(POLSAR)で取得された画像データに適用した結果が下図である(新潟市・佐潟)。暗くて抽出しづらかった2回反射散乱の赤色ピクセルが明るくなり、抽水植物下の水域箇所を見つけやすくなっている様子がわかる。



## 2. 調査研究の詳細

### 2.1 課題名:

マイクロ波リモートセンシングによる湿地帯水域観測のための偏波散乱測定に関する調査研究

### 2.2 調査研究の背景

水環境保全ため、湿地帯水域の季節変化をモニタリングすることは非常に重要である。湿地帯水域は、周辺の葦等の抽水植物帯まで浸透していることが多く、真の湿地帯水域を観測するためには、抽水植物帯の下部まで詳細に調査しなければならず、現地調査が難しい場合があった。

マイクロ波リモートセンシングは、航空機あるいは衛星に搭載されるレーダを用いるため、昼夜・天候に左右されず、高精度の地球観測を可能とする。このため、環境モニタリング等の様々な分野で利用されてきた。中でも、偏波合成開口レーダ(Polarimetric Synthetic Aperture Radar: POLSAR)は、一般的なレーダのように地表面からの反射(散乱)電力のみを受信するのではなく、散乱波の偏波情報を含めて受信できるため、ターゲット(ターゲット領域)からより多くの情報を得ることができる。したがって、POLSARで取得された偏波散乱データを活用した画像解析結果を用いると、上空からの空中写真ではとらえきれない現象まで観測できる。

そこで、抽水植物下の水域までも観測可能となるように、植物を透過しやすい周波数バンド(Lバンド、1.27GHz帯)のマイクロ波で偏波散乱測定を行い、測定データ(散乱行列データ)にPOLSARと同様の物理散乱モデルを基とした分類アルゴリズム(全散乱電力を2回反射散乱、表面散乱、体積散乱等に分類)を適用することで、真の水域とその他の領域との分類が可能となるのではないかと考えた。

### 2.3 調査研究の目的:

湿地帯に多く存在する葦等の抽水植物からの偏波散乱特性を詳細に調査し、高精度の湿地帯水域推定アルゴリズムを構築することで、マイクロ波リモートセンシングを用いた湿地帯水域観測の観測精度の向上に役立てることを目的とする。

### 2.4 調査研究の意義:

本調査研究の成果により、提案する湿地帯水域推定アルゴリズムの推定精度が大幅に向上すれば、実地調査が困難なアマゾン領域やパンタナル原生自然地域等での水域の季節変化をリモートセンシングでモニタリング可能となるため、自然保護、環境保全の分野への波及効果は極めて大きい。

また、(POLSARで用いるマイクロ波の)波長に比べて極めて細かい葦(葦の集合体)からの偏波散乱特性は、稲からの偏波散乱特性に類似しているものと推測できる。このため、本調査研究で測定する葦帯の偏波散乱特性を活用、発展させれば、稲の生育状況のリモートセンシングによる観測も可能となる。

さらに将来的には、様々な農作物の各生育段階での偏波散乱特性を測定してデータベース化し、推定アルゴリズムに改良を加えれば、農作物の生育状況もリモートセンシングで観測できるようになる可能性がある。日本の食料自給率向上に役立てることができる。

## 2.5 調査研究の方法:

はじめに、実際の湿地帯（主に新潟市の佐潟および鳥屋野潟）で葦の偏波散乱測定を行うための測定システムを構築する。可搬性に優れたコンパクトネットワークアナライザ（～6GHz）を用いて、植物を透過しやすいLバンド（1.2GHz帯）での測定を行う（このバンドは日本(JAXA)の衛星搭載 POLSAR システムである ALOS/PALSAR でも使用されている）。高性能ダブルリッジホーンアンテナを準モノスタティック構成（バイスタティック）で設置し、アンテナを固定する台は可搬性を最優先し発砲スチロールで作成した。また、葦からの散乱は非常に小さな量となるため、ケーブルはキャリブレーション用として使用される低損失のものを用いる。構築したシステムにより、屋内、大学グラウンドに抽水植物モデルにおいて簡易測定を行って精度を確認し、その後、現地（湿地帯）での偏波散乱を行う。季節により植物のバイオマスは変化するので、現地での測定は異なる季節で数回行いたい。

次に、測定で取得された偏波情報を含んだデータ（散乱行列データ）に偏波解析を行い、水面と抽水直物との間で発生すると想定される2回反射散乱成分が抽出しやすくなるように、適切な回転角を決定する。さらに、詳細な偏波散乱現象の確認を行うためにコンピュータシミュレーションもを行い、測定で得られる回転角の妥当性を確認していく。以上より求められる回転角を用いて、衛星搭載 POLSAR および航空機搭載 POLSAR システムで取得された画像データに対して画像解析を行い、抽水植物下水域の識別精度が向上したかを確認する。以降この操作を繰り返す。

最後に、POLSAR 画像が取得されている複数のサイトでの現地調査を行い、画像解析結果と現地の状況との比較により、本研究で提案される湿地帯水域推定アルゴリズムの妥当性を確認する。妥当性が確認され、最適アルゴリズムが確定したら、データを活用しやすくするためにデータベースとしてまとめる。

## 2.6 調査研究の特色

湿地帯等の環境モニタリングは、一般に光学系を基としたリモートセンシングを用いて行われている。しかしながら、光学系の場合は、一年を通じて天候の悪い場所、あるいは天候が変化しやすい場所では、十分な観測を行うことは難しい。これに対して、マイクロ波リモートセンシングは、天候にはほとんど左右されずにモニタリングが可能となる点で非常に優れている。

本調査研究で提案する湿地帯水域推定アルゴリズムでは、上記のマイクロ波リモートセンシングの利点に加えて、POLSAR で受信された散乱波の偏波散乱特性を有効に利用するため、“人間の目では観えない領域”、すなわち“抽水植物下の領域”の観測をも可能とする点で優れている。さらに、全ての季節における抽水植物帯からの詳細な偏波散乱特性を得ることができれば各季節の植物のバイオマスに適した周波数帯を決定することもできるので、より一層の推定精度向上が期待される。これにより、湿地帯保全の面で重要な毎年の雪解け時期の水域変化も“抽水植物下の状態も含めて”観測できるようになり、環境保全の面で大いに役立つ。

### 3. 年度ごとの調査研究内容

#### 初年度分 平成 20.4～平成 21.3

初年度は、抽水植物（葦）の偏波散乱測定を行った。高性能ダブルリッジホーンアンテナを準モノスタティック構成で設置し、ネットワークアナライザを用いて測定システムを構成した。測定は屋内および広いグラウンドに抽水植物（葦）をおいて行った。湿地帯水域推定に有効と考えられる散乱電力分解法を適用して測定データを評価した。扱った抽水植物が比較的密度が疎だったため、日本の衛星搭載 POLSAR システムである ALOS/PALSAR で使用されている L バンド(1.27GHz)の周波数帯では後方散乱電力が非常に小さいことあり、測定誤差が大きくなる場合が多かった。系統誤差をできる限り抑えるための改良を行い、かつ実際の湿地帯での測定を円滑に行えるように遠隔操作で偏波散乱測定が可能なシステムの構築を試みた。

一方で、POLSAR 画像解析手法の開発では、コンピュータシミュレーションを駆使し、散乱電力分解法により得られる画像から、季節による抽水植物（葦）の高さ、バイオマス（体積密度）の変化に対応した湿地帯水域推定を可能とする偏波特性を詳細に調べた。

#### 平成 21.4～平成 22.3

湿地帯周辺の植生の分類誤差をより小さくするために、この年度も基礎偏波散乱測定を行った。測定システム構築においては低損失の RF ケーブルを用い、モバイル PC と制御用ソフトウェアによる遠隔操作機能を追加した。年度後半には、実際の湿地帯での偏波散乱測定も行ってみた。取得されたデータの偏波特性は、衛星や航空機搭載の POLSAR システムで取得されるものと類似していた。

POLSAR 画像解析においては、当初考えていた研究計画とは異なる方向で進めた。湿地帯水域の分類精度を従来から大幅に向上させることを目的に、新たに人工物モデルからの偏波散乱現象についても詳細に調査した。湿地帯の抽水植物からの偏波散乱と人工物モデルからの偏波散乱の区別がつきにくい場合があったからである。抽水植物帯と都市部のデータを解析した結果、取得される偏波行列をユニタリ回転させた後に散乱電力分解処理を実行することで、湿地帯水域の識別精度の向上が見込めることがわかった。そこで、精密なコンピュータシミュレーションにより基本散乱メカニズムを調べ、最適な（偏波行列の）回転角の導出を試みた。

また、湿地帯水域識別と同じアルゴリズムが地震被災地観測の一部にも適用できることを、新潟県中越地震被災地（旧山古志村）周辺のデータで検証した。

#### 最終年度分 平成 22.4～平成 23.3

前半は、前年度までに行った測定および解析のデータをまとめて、国内外の国際会議にて発表を行った。偏波回転を行うことで湿地帯水域や地震被災地の識別が容易になることを強調して発表した。

後半は、複数の湿地帯に足を運び、これまでの解析結果の客観的な評価を試みた。GPS とレーザ距離計を用いて解析対象箇所（湿地帯水域境界）の位置情報（緯度経度）を測定し、現地の様子と解析画像結果とを現地にて比較した。容易に拡大・縮小が可能なタッチパネル式携帯端末に解析画像を入れ、その比較調査に利用した。佐潟（新潟県新潟市）周辺においては、偏波散乱特性から推定される結果と現地の様子とが良く似ていることを確認した。ただし、ノイズ低減処理のため解像度が低くなり画像の一部では判定しづらい箇所があったので、新たに偏波画像フィルタを開発・導入した。猪苗代湖（福島県猪苗代町）周辺での現地調査では簡易 GPS が正常に動作しなかったため、より高感度の GPS も導入して検証を行った。

今年度最後に秋田、鹿児島に現地調査に行く計画だったが、震災のために中止した。また、データ管理用 PC の一部が破損するトラブルが生じてしまった。今後のことを考え、最後に構築予定だった（全データの容易な活用を可能とする）データ管理システムに、複数バックアップがとれ、（震災等による）停電時にも強い補助装置を追加導入した。

以上の研究成果をまとめて、次年度も国際会議および学術論文にて研究成果を発表する予定である。

## 4. 調査研究成果の説明

### 得られた成果に対する自己評価

偏波測定システムそのものは、「測定に非常に時間がかかること」、「湿地帯周辺で容易に移動可能なシステムになっていないこと」、「データベース化が不十分」もあり、実用化に向けて課題を残している。しかしながら、本調査研究を進めていく中で、「取得された偏波行列を適切に回転させることで、従来と比較して良精度で湿地帯水域識別が可能となることがわかったこと」は大変重要である。この回転効果は様々な応用分野にも有効であると考えられ、その一つに、地震被災地観測（被災住宅周辺）が挙げられる。本調査研究でも、新潟県中越地震被災地（旧山古志村）周辺のデータで検証を行い、その効果を確認している。

今後も本課題に関する研究を進めていけば、水環境等の環境保全、稲作等における精密農業の発展、ならびに自然災害時の迅速な状況把握の一手段として、より一層貢献できるものと考ええる。

### 主な成果リスト

- [1] 佐藤亮一, 板垣健志, 山口芳雄, 山田寛喜, “湿地帯における水域-抽水植物境界からの偏波散乱特性について,” 電気学会研究会資料, EMT-08-67, pp. 97-102, July 2008.
- [2] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Simplified monitoring technique for seasonal wetland water area change using quad polarimetric SAR data,” Proc. of 7<sup>th</sup> Asia-Pacific Engineering Research Forum on Microwave and Electromagnetic Theory (APMET2008), pp.85-88, Oct. 2008.
- [3] 佐藤亮一, 山口芳雄, 山田寛喜, “ALOS/PALSAR データを活用した植生の画像分類に関する一考察,” 電気学会研究会資料, EMT-09-53, pp. 39-43, May 2009.
- [4] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Analysis and observation of polarimetric scattering behavior in wetland area,” Electric proc. of IGARSS 2009, South Africa, July 2009.
- [5] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Polarimetric scattering feature estimation for accurate vegetation area classification,” Electric proc. of IGARSS 2009, South Africa, July 2009.
- [6] 佐藤亮一, 山口芳雄, 山田寛喜, “PALSAR 画像データを活用した地震被災地観測に関する一考察,” 電気学会研究会資料, EMT-09-150, pp. 23-27, Nov. 2009.
- [7] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Man-made Target Detection Using Modified Scattering Power Decomposition with a Polarimetric Rotation,” Electric proc. of the 8th European Conference on Synthetic Aperture Radar (EUSAR 2010), vol.3, June 2010.
- [8] R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Polarimetric scattering analysis for accurate observation of stricken man-made targets using a rotated coherency matrix,” Electric proc. of IGARSS 2010, Honolulu, July 2010.
- [9] R. Sato, A. Sato, Y. Yamaguchi, D. Singh, G. Singh, and H. Yamada, “Land cover Monitoring in India Using POLSAR Image Analysis with Quad. Polarimetric ALOS/PALSAR Data,” Electric proc. of the 2010 Asia-Pacific Radio Science Conference (AP-RASC'10), FP-14, Sept. 2010.